

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>F02N 17/08, 11/04</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 99/54621</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 28. Oktober 1999 (28.10.99)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP99/02219 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 31. März 1999 (31.03.99)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 198 17 497.7      20. April 1998 (20.04.98)      DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> ISAD ELECTRONIC SYSTEMS GMBH & CO. KG [DE/DE]; Niehler Strasse 102-116, D-50733 Köln (DE). BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; D-80788 München (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> PELS, Thomas [DE/DE]; Kreuzstrasse 36, D-77855 Achem (DE). ROSSKOPF, Franz [DE/DE]; Züricherstrasse 192, D-81476 München (DE).  <b>(74) Anwälte:</b> NIEDERKOFER, Oswald, A. usw.; Samson & Partner, Widenmayerstrasse 5, D-80538 München (DE).	<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

**(54) Title:** METHOD AND STARTER SYSTEM FOR STARTING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

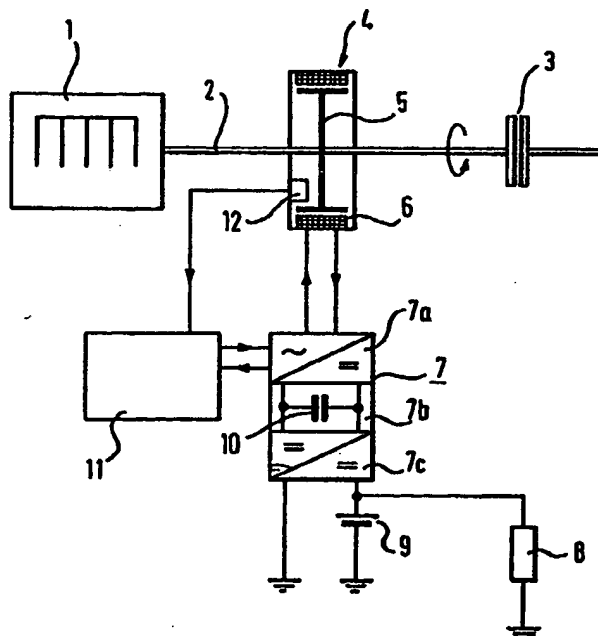
**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN UND STARTERSYSTEM ZUM STARTEN EINES VERBRENNUNGSMOTORS

**(57) Abstract**

The invention relates to a method for starting an internal combustion engine and a corresponding starter system. The crankshaft (4) of the internal combustion engine (1) is accelerated at least until it reaches a starting speed that is required to start the internal combustion engine (1). Before the starting process actually begins, the crankshaft (2) is placed at a given angle using an electric machine (4), whereupon the starting process is initiated.

**(57) Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors und ein entsprechendes Startersystem, wobei die Kurbelwelle (4) des Verbrennungsmotors (1) mindestens auf eine zum Anspringen des Verbrennungsmotors (1) notwendige Startdrehzahl beschleunigt wird. Dabei wird vor dem eigentlichen Startvorgang die Kurbelwelle (2) mit Hilfe der elektrischen Maschine (4) für den Startvorgang in einen vorgegebenen Kurbelwinkel gebracht und der Startvorgang von diesem Kurbelwinkel aus begonnen.





# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						



VERFAHREN UND STARTERSYSTEM  
ZUM STARTEN EINES VERBRENNUNGSMOTORS

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors sowie ein Startersystem für einen Verbrennungsmotor.

5

Aus der Praxis ist bekannt, daß Verbrennungsmotoren, z.B. in Kraftfahrzeugen, nicht aus eigener Kraft anlaufen können. Sie müssen zunächst durch eine äußere Kraftquelle, dem sog. Starter, angeworfen und auf die zum Anspringen des Verbrennungsmotors benötigte Motordrehzahl beschleunigt werden. Erst dann können sie aus eigener Kraft weiterlaufen.

10

Bei Kraftfahrzeugen wird häufig ein batteriegespeicherter Gleichstrommotor als elektrischer Starter verwendet, der das notwendige Startmoment über ein in einen Zahnkranz an der Schwungscheibe eingreifendes Antriebsritzel auf die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors überträgt. Aus der DE 44 06 481 A1 ist ferner ein Startersystem mit einem elektrischen Startermotor bekannt, deren Rotor direkt auf der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors sitzt und drehfest mit ihr verbunden ist. Bei einer solchen Anordnung nutzt man die Masse des Rotors der elektrischen Maschine zugleich als Schwungmasse.

15

20

Ein verbessertes Startersystem dieser Art ist auch aus der EP 0 569 347 A2 und der WO 91/16538 bekannt.

25

Das Startmoment eines Verbrennungsmotors und die Mindest-Startdrehzahl hängen unter anderem von Motortyp, Hubvolumen, Zylinderzahl, Lagerreibung, Kompression und Gemischaufbereitung und vor allem von der Temperatur ab. Von Bedeutung für die Kompression eines Verbrennungsmotors und damit für seine Startwilligkeit ist auch, in welchem Abschnitt des Arbeitsverfahrens sich der oder die Zylinder des Motors beim Starten befinden. So wirkt sich beispielsweise die Kompression eines

30



sich gerade im Verdichtungsstakt befindlichen Zylinders ungünstig für das Starverhalten aus, weil sie dem Starter gleich zu Beginn des Starts ein überhöhtes Drehmoment entgegensetzt. Bisher hat man im Stand der Technik diese Einflußgröße nicht  
5 im genügenden Maß berücksichtigt. Bekannte Starter mußten leistungsmäßig jedenfalls so ausgelegt werden, daß der Verbrennungsmotor unter allen Bedingungen gestartet werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum  
10 leichteren Starten eines Verbrennungsmotors anzugeben sowie ein entsprechendes Startersystem bereitzustellen.

Diese Aufgabe löst die Erfindung verfahrensmäßig durch den Gegenstand nach Anspruch 1 und vorrichtungsmäßig durch den  
15 Gegenstand nach Anspruch 13. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in jeweils abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Danach wird bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors  
20 mindestens auf eine zum Anspringen des Verbrennungsmotors notwendige Drehzahl (sog. Startdrehzahl) beschleunigt, wobei hierfür eine elektrische Maschine verwendet wird, deren Rotor direkt oder über eine dazwischen geschaltete Übersetzung auf die Kurbelwelle einwirkt. Ferner wird die Kurbelwelle  
25 mit Hilfe der elektrischen Maschine für den Startvorgang in eine vorgegebene Kurbelwinkelstellung bzw. in einen vorgegebenen Kurbelwinkel (nachfolgend "Startwinkel" genannt) gebracht und der Verbrennungsmotor aus diesem Startwinkel heraus gestartet, wobei die zum Starten erforderliche Energie  
30 zumindest teilweise einem Kondensatorspeicher entnommen wird. Der eigentliche Startvorgang des Verbrennungsmotors kann dann aus einem günstigen Startwinkel beginnen und wird zusätzlich - nicht wie üblich vollständig aus einer Starterbatterie sondern - zumindest teilweise aus einem Kondensatorspeicher  
35 gespeist, der die notwendige elektrische Startleistung wesentlich schneller als eine herkömmliche Batterie abgeben kann. Im übrigen ist ein Kondensatorspeicher wesentlich weniger temperaturanfällig als eine elektrochemische Batterie, so daß auch bei sehr niedrigen Temperaturen ein problemloses  
40 Starten möglich ist.



Die Aufladung des Kondensatorspeichers kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Eine Möglichkeit besteht darin, daß der Kondensatorspeicher erst jeweils vor dem Starten aus einer Starterbatterie aufgeladen wird. Bevorzugt wird das den Einstellvorgang des Kurbelwellen-Startwinkels auslösende Kommando gleichzeitig als Signal zum Aufladen des Kondensatorspeichers aus der Starterbatterie verwendet wird. Das Starten des Verbrennungsmotors kann dann ohne jede Wartezeit erfolgen.

Ein entsprechendes erfindungsgemäßes Startersystem für einen Verbrennungsmotor umfaßt: eine elektrische Maschine, deren Rotor direkt oder über eine dazwischen geschaltete Übersetzung mit der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors drehfest verbunden ist, um den Verbrennungsmotor mindestens auf eine zum Anspringen notwendige Drehzahl (Startdrehzahl) zu beschleunigen; Mittel zum Erfassen und/oder Ableiten des Kurbelwinkels des Verbrennungsmotors; eine Steuerungseinrichtung, welche die elektrische Maschine so steuert, daß die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors für den Startvorgang in einen vorgegebenen Startwinkel gebracht wird; und einen Kondensatorspeicher, z.B. einen sog. Zwischenkreisspeicher, der zumindest teilweise die zum Starten erforderliche Energie liefert. Der erfindungsgemäße Kondensatorspeicher kann bevorzugt auch eine Kombination aus elektrischen Kondensatorelementen und elektrochemischen Batterieelementen sein.

Bei der Erfindung wurde erkannt, daß die Stellung der Kurbelwelle bei Startbeginn von wesentlicher Bedeutung für das Startverhalten eines Verbrennungsmotors ist. Aufbauend hierauf liegt der Erfindung der Gedanke zugrunde, daß durch Einflußnahme auf den Kurbelwinkel vor dem eigentlichen Startvorgang sowie auf die Art der Startenergiezufuhr eine wesentliche Verbesserung des Startverhaltens eines Verbrennungsmotors erzielt werden kann. Mit Hilfe der elektrischen Maschine, z.B. ein sog. Kurbelwellenstarter mit einem direkt mit der Kurbelwelle drehfest verbundenen Rotor, gelingt es, die zur Einstellung eines gewünschten Startwinkels notwendigen Momente in beide Drehrichtungen der Kurbelwelle und mit großer Genauigkeit aufzubringen. Vermeidet man auf diese Weise eine ungünstige Kurbelwellenstellung zu Beginn des Starts, etwa



wenn einer oder mehrere Zylinder eines Verbrennungsmotors gleich zu Beginn verdichten, so kann mit veringierter Startleistung gestartet werden. Vorrichtungsmäßig weist das Startersystem hierfür eine Steuerungseinrichtung auf, welche in Kenntnis des momentanen Kurbelwinkels den Rotor der elektrischen Maschine, ggf. unter Beachtung des Übersetzungsverhältnisses zwischen Rotor und Kurbelwelle, so steuert, daß die Kurbelwelle in den gewünschten Startwinkel gebracht wird.

Vorteilhaft ist der Einsatz des erfindungsgemäßen Startersystems sowohl bei Ottomotoren als auch bei Dieselmotoren, z.B. Viertaktmotoren mit Saugrohreinspritzung oder mit Direkteinspritzung, die für die Verwendung in Personenkraftfahrzeugen ausgelegt sind.

Bei einer bevorzugten erfindungsgemäßen Variante wird als Startwinkel derjenige Kurbelwinkel gewählt, bei welchem das von der elektrischen Maschine aufzubringende Startmoment zu Beginn des Startvorgangs geringer ist als bei bekannten Startersystemen. Bei einem z.B. im Viertaktverfahren arbeitenden Verbrennungsmotor nimmt der Zylinderdruck und damit die von einem Starter zu überwindende Kompression im Verlauf eines Verdichtungstaktes zu und erreicht sein Maximum etwa im Bereich des oberen Totpunktes. Wird nun bei einer bevorzugten Verfahrensvariante für einen Viertaktverbrennungsmotor der Kurbelwinkel für den nächsten Start am Ende des Verdichtungstaktes, vorzugsweise in einem Bereich unmittelbar nach dem oberen Totpunkt, eingestellt, so muß der Starter bei Startbeginn nur den relativ kompressionsschwachen Ansaugtakt des Verbrennungsmotors überwinden. Außerdem bleiben dem Starter nach Startbeginn fast zwei volle Umdrehungen, um zum Überwinden des nächsten Verdichtungstaktes genügend Startleistung aufzubauen. Dies ist insbesondere bei einem Kaltstart günstig.

Bei einer weiteren verfahrensmäßigen Variante wird als Startwinkel derjenige Kurbelwinkel gewählt, bei welchem die Startdauer, d.h. die Dauer vom Startbeginn bis zum Anspringen des Verbrennungsmotors, bis auf ein Minimum verringert ist. Bei einem Viertaktverbrennungsmotor mit Saugrohreinspritzung ist



dies vorzugsweise die Kurbelwinkelstellung zu Beginn des Ansaugtaktes, besonders bevorzugt im Überschneidungsbereich zwischen Ausstoß- und Ansaugtakt; bei einem Viertaktverbrennungsmotor mit Direkteinspritzung hingegen vorzugsweise die Kurbelwinkelstellung am Ende des Ansaugtaktes. Ist der Verbrennungsmotor außerdem mit einer herkömmlichen Sensorik bestehend aus induktivem Sensor und Zahnrad mit Bezugsmarke zur Erfassung des Kurbelwinkels ausgestattet, kann der Startwinkel-Einstellvorgang und damit die Startzeit auch dadurch verkürzt werden, daß der Startwinkel im Bereich unmittelbar vor der Bezugsmarke der Drehwinkelsensorik gewählt wird. Die Drehwinkelerfassung kann dann ohne Verzögerung gleich zu Beginn des Startvorgangs durchgeführt werden.

Wenn das Starten ohne jede Verzögerung erfolgen kann, so dient dies auch der Verkehrssicherheit und erhöht den Bedienungskomfort z.B. von Kraftfahrzeugen. Ferner ist die zum Anspringen eines Verbrennungsmotors insgesamt benötigte Energiemenge dabei geringer, was vorteilhaft eine kleinere Dimensionierung des Starterenergiespeichers erlaubt.

Die bisherige Darstellung der Erfindung gilt für Einzylinder- und Mehrzylindermotoren gleichermaßen, wenn man die Auswahl des Kurbelwellen-Startwinkels auf denjenigen Zylinder eines Mehrzylindermotors abstimmt, welcher zuerst gezündet wird. In der Regel ist die Reihenfolge, in der die Zylinder nacheinander zünden, vorgegeben. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ist aber auch eine Variante denkbar, bei welcher zumindest bei der Auswahl des zuerst gezündeten Zylinders von einer vorgegeben Zündfolge abgewichen wird und ein bestimmter Zylinder für die erste Zündung in Abhängigkeit des einzustellenden Startwinkels der Kurbelwelle ausgewählt wird.

Bevorzugt wird der Verbrennungsmotor bereits beim Ausschalten bzw. kurz nach dem Ausschalten der Zündung des Verbrennungsmotors mit Hilfe der im Antriebsstrang angeordneten elektrischen Maschine selbsttätig in eine für den nächsten Start günstigen Startwinkel gebracht, z.B. indem die elektrische Maschine auf die Kurbelwelle des auslaufenden Verbrennungsmotors bremsend oder beschleunigend einwirkt. Alternativ dazu



wird der gewünschte Startwinkel erst kurz vor Beginn des Startvorgangs selbsttätig eingestellt, z.B. indem die elektrische Maschine die Kurbelwelle des stillstehenden Verbrennungsmotors in den gewünschten Startwinkel vorwärts oder rückwärts dreht. Damit ist ein unerwünschtes "Verstellen" des einmal eingestellten Startwinkels in der Zeit zwischen dem Einstellvorgang und dem Startvorgang ausgeschlossen. Besonders günstig ist es, wenn in Verbindung mit der letztgenannten Verfahrensvariante die zum Starterbetrieb erforderliche Energie zumindest teilweise einem Kondensatorspeicher entnommen wird.

Für die Einstellung des Startwinkels der Kurbelwelle wird der momentane Kurbelwinkel ermittelt, in der Steuerungseinrichtung mit dem Wert des vorgegebenen Kurbelwellen-Startwinkels verglichen und eine etwaige Änderung des Kurbelwinkels nochmals überwacht wird. Hierfür verwendet man bevorzugt eine in der elektrischen Maschine integrierte Winkelerfassung. Besonders bevorzugt ist dem Rotor der elektrischen Maschine ein geeigneter Drehwinkelsensor, z.B. ein induktiver oder optischer Drehwinkelgeber, zugeordnet. Der Drehwinkel der elektrischen Maschine kann aber auch aus dem magnetischen Rückfluß des Rotors im Stator der elektrischen Maschine ermittelt werden. Da der Rotor der elektrischen Maschine entweder direkt oder über eine Übersetzung mit der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors verbunden ist, ergibt sich der Kurbelwinkel unmittelbar oder durch einfache Umrechnung unter Berücksichtigung des Übersetzungsverhältnisses.

Für das erfindungsgemäße Startersystem eignet sich grundsätzlich jede Art elektrischer Maschine, ob Gleichstrom-, Wechselstrom-, Drehstromasynchron-, oder Drehstromsynchronmaschine, die in der Lage ist, die notwendigen Momente aufzubringen und gewünschte Kurbelwinkeleinstellung präzise durchzuführen. Bevorzugt ist die elektrische Maschine des erfindungsgemäßen Startersystems eine als Starter/Generator fungierende elektrische Maschine, die bevorzugt permanent mit dem Verbrennungsmotor mitläuft. Besonders bevorzugt handelt es sich bei der elektrischen Maschine des erfindungsgemäßen Startersystems um eine wechselrichtergesteuerte Drehfeldmaschine. Un-



ter "Drehfeldmaschine" wird eine Maschine verstanden, in der ein magnetisches Drehfeld auftritt, das um 360° umläuft und dabei den Läufer mitnimmt. Der Wechselrichter empfängt die Signale aus der Steuerungseinrichtung und stellt Wechselströme mit frei einstellbarer Frequenz, Amplitude und Phase bereit. Eine solche Anordnung ist zum Aufbringen hoher Momente in beide Drehrichtungen der Kurbelwelle hervorragend geeignet.

10 Ausgestaltungen und Merkmale, die vorstehend oder nachfolgend im Zusammenhang mit dem Verfahren geschildert werden, gelten selbstverständlich auch als im Zusammenhang mit dem entsprechenden Startersystem offenbart (und umgekehrt).

15 Weitere Vorteile, Merkmale und Ausgestaltungen der Erfindung werden anhand von Ausführungsbeispielen und den angefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Startersystems mit einem Verbrennungsmotor;
- 20 Fig. 2 ein schematisches Diagramm zur Darstellung des Motordrehzahlverlaufs in Abhängigkeit des Kurbelwinkels eines Viertaktverbrennungsmotors;
- Fig. 3 ein Flußdiagramm einer ersten Verfahrensvariante zum Starten eines Verbrennungsmotors; und
- 25 Fig. 4 ein Flußdiagramm einer zweiten Verfahrensvariante zum Starten eines Verbrennungsmotors.

Das Startersystem gemäß Fig. 1 ist z.B. für ein Kraftfahrzeug, etwa einen Personenkraftwagen bestimmt. Es weist einen nach dem Viertaktverfahren arbeitenden Vierzylinderverbrennungsmotor 1 auf, der Drehmomente über eine Kurbelwelle 2, eine Kupplung 3 und weitere (nicht gezeigte) Teile eines Antriebsstranges auf die Antriebsräder des Kraftfahrzeuges abgibt. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist unmittelbar auf der Kurbelwelle 2 eine als Starter/Generator dienende elektrische Maschine 4, hier eine Asynchron-Drehstrommaschine, angeordnet. Sie weist einen direkt auf der Kurbelwelle 2 sitzenden und drehfest mit ihr verbundenen Rotor 5, sowie einen z.B. am Gehäuse des Verbrennungsmotors 1 abge-



stützten Stator 6 auf. Ein solche elektrische Maschine besitzt ein hohes Losbrechmoment für den Starterbetrieb.

Bei anderen (nicht gezeigten) Ausführungsformen ist der Rotor einer elektrischen Maschine, z.B. eines Gleichstrom-Reihenschlußmotors, über ein Übersetzungsgetriebe mit der Kurbelwelle 2 gekoppelt, ggf. über ein zwischengeschaltetes Einspurgetriebe.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 wird die (nicht dargestellte) Wicklung des Stators 6 der elektrischen Maschine 4 durch einen Wechselrichter 7 mit elektrischen Wechselströmen bzw. -spannungen praktisch frei einstellbarer Amplitude, Phase und Frequenz gespeist. Es handelt sich bevorzugt um einen Gleichspannungs-Zwischenkreis-Wechselrichter, der im wesentlichen aus einem maschinenseitigen Gleichspannungs-Wechselspannungsumrichter 7a, einem Gleichspannungs-Zwischenkreis 7b und einem bordnetzseitigen Gleichspannungswandler 7c aufgebaut ist. Letzterer ist mit einem Fahrzeugbordnetz 8 und einem Bordnetz-Langzeitspeicher 9, z.B. einer herkömmlichen Blei-Schwefelsäure-Batterie, gekoppelt. In den Zwischenkreis 7b ist ein Kurzzeitspeicher, hier ein Kondensatorspeicher 10 geschaltet.

Die elektrische Maschine 4 und der Wechselrichter 7 sind so ausgelegt, daß sie zum Einstellen einer gewünschten Kurbelwinkelstellung vor Startbeginn das erforderliche Drehmoment in beide Drehrichtungen der Kurbelwelle 2 und außerdem beim Starten die erforderliche Startleistung zum direkten Antreiben der Kurbelwelle 2 auf die erforderliche Startdrehzahl aufzubringen vermögen. Eine übergeordnete Steuerungseinrichtung 11 steuert den Startwinkелеinstellvorgang und den Startvorgang, indem sie den Wechselrichter 7, und zwar den Umrichter 7a und den Wandler 7c steuert. Von einem in der elektrischen Maschine 4 integrierten, z.B. innen an deren Gehäuse installierten und dem Rotor 5 zugeordneten induktiven Drehwinkelsensor 12 empfängt die Steuerungseinrichtung 11 den aktuellen Drehwinkel des Rotors 5. Der gemessene Rotorwinkel entspricht aufgrund der direkten Kopplung des Rotors 5 mit der Kurbelwelle 2 dem Kurbelwinkel der Kurbelwelle 2.



Erfindungsgemäß wird der Startvorgang in besonderer Weise vorbereitet: Nach Beendigung des Motorbetriebes, z.B. beim oder kurz nach dem Abschalten der Zündung eines Kraftfahrzeugs, steuert die Steuerungseinrichtung 11 die elektrische Maschine 4 über den Wechselrichter 7 so, daß die Kurbelwelle 2 in eine für den nächsten Start günstige Kurbelwinkelstellung gebracht wird. Hierbei überträgt die elektrische Maschine 4 wahlweise bremsende oder beschleunigende Momente auf die Kurbelwelle 2 des auslaufenden Motors 1, um den gewünschten Kurbelwinkel einzustellen. Bei stillstehendem Motor 1 kann die elektrische Maschine 4 auch so betrieben werden, daß sie die Kurbelwelle 2 vorwärts oder rückwärts in den gewünschten Kurbelwinkel dreht, um z.B. auf dem Weg des "geringsten aufzubringenden Moments" den gewünschten Kurbelwinkel einzustellen. Dies muß nicht zwangsläufig auch der "kürzeste" Weg sein.

Der "optimale" Kurbelwinkel, also der Startwinkel, zum Starten eines Verbrennungsmotors hängt u.a. ab vom Motortyp, Zylinderzahl und Zündfolge, und außerdem von dem angestrebten Startverhalten, ob z.B. für den nächsten Start ein geringes Startmoment zu Beginn des Startvorgangs oder eine verkürzte Startdauer gewünscht wird. Für einen wie in Fig. 1 dargestellten Vierzylinder-Viertaktverbrennungsmotor 1 liegt ein günstiger Startwinkel mit verringertem Startmoment in einem Bereich unmittelbar nach dem oberen Totpunkt des zuerst gezündeten Zylinders. Da bei einem Vierzylinder-Reihenmotor üblicherweise die beiden äußeren Zylinder im Gleichlauf zueinander, aber im Gegenlauf zu den beiden inneren Zylindern betrieben werden, liegt demnach der günstige Startwinkel unmittelbar nach dem oberen Totpunkt der beiden äußeren Zylinder des Verbrennungsmotors 1.

Der Vorteil dieses eingestellten Startwinkels ist, daß das zu Beginn des darauffolgenden Startvorgangs von der Startermaschine 4 aufzubringende Losbrechmoment erheblich geringer ist als bei bekannten Startersystemen. Wird der Verbrennungsmotor 1 aus dieser eingestellten Kurbelwinkelstellung heraus gestartet, so setzen zumindest die beiden äußeren Zylinder des Verbrennungsmotors 1 der elektrische Maschine 4 ein relativ



geringes - vorwiegend reibungsbedingtes - Moment entgegen. Bis zum nächsten Verdichtungsstakt (der beiden inneren Zylinder) kann die elektrische Maschine 4 dem System genügend (Start)energie zum Überwinden der Kompression zuführen.

5

Das Diagramm in Fig. 2 soll veranschaulichen, wie der "optimale" Startwinkel z.B. mit verringertem Startmoment für beliebige Motortypen und Antriebsanordnungen ermittelt werden kann. Fig. 2 zeigt schematisch die Abhängigkeit der Motor-  
10 drehzahl  $n$  vom Kurbelwinkel  $\phi$  bei konstantem Drehmoment der elektrischen Startermaschine. Der spezifische wellenförmige Verlauf ist konstruktionsbedingt, insbesondere abhängig von Motortyp, Hubvolumen, Zylinderzahl, Lagerreibung, Verdichtungsverhältnis, etc. Die Bereiche a mit abnehmender Drehzahl  
15  $n$  gefolgt von Bereichen b mit zunehmender Drehzahl  $n$  gehen einher mit den sich wiederholenden Verdichtungsphasen gefolgt von Verbrennungsphasen z.B. eines Viertaktmotors. In den Bereichen geringster Drehzahl liegen demgemäß auch die Bereiche größter Kompression, denen eine kompressionsarme Arbeitsphase  
20 des Verbrennungsmotors folgt. Wählt man für den Kurbelwinkel die Werte  $\phi_1$ , so entspricht dies einer "optimalen" Kurbelwellenstellung mit verringertem Anlaufmoment. Im Falle eines Vierzylinder-Viertaktverbrennungsmotors liegen die Startwinkel  $\phi_1$  um ca.  $180^\circ$  auseinander, da die beiden äußeren und die  
25 beiden inneren Zylinder jeweils synchron laufen. Ein entsprechendes Kennfeld ist z.B. in der Steuerungseinrichtung 11 in Fig. 1 gespeichert.

In dem Flußdiagramm gemäß Fig. 3 wird eine erste Verfahrens-  
30 variante zum Starten mit verringertem Startmoment veranschaulicht: Im Schritt S1 erfolgt ein Kommando zum Einstellen des Kurbelwellen-Startwinkels beim bzw. kurz nach dem Abschalten des Verbrennungsmotors 1 (z.B. durch Ausschalten der Zündung im Kraftfahrzeug). Sodann erfolgt im Schritt S2 eine direkte  
35 Messung des Kurbelwinkels oder eine Messung des Rotorwinkels der elektrischen Startermaschine 4 und eine Ableitung des Kurbelwinkels. Ferner ermittelt die Steuerungseinrichtung 11 den gewünschten "optimalen" Startwinkel der Kurbelwelle 2 und die ggf. erforderliche Kurbelwinkeländerung, um den gewünsch-  
40 ten Startwinkel einzustellen. Sodann wird im Schritt S3 mit



Hilfe der elektrischen Maschine 4 die Kurbelwelle 2 in die für den nächsten Start gewünschte Kurbelwinkelstellung durch Bremsen oder Beschleunigen der Kurbelwelle in der Auslaufphase des Motors. Die Schritte S2 und S3 können während des Motorstillstands auch laufend wiederholt werden, um sicherzustellen, daß keine unerwünschte Änderung des Startwinkels bis zum nächsten Start erfolgt. Auf ein Startkommando im Schritt S4, welches den eigentlichen Startvorgang einleitet, wird im Schritt S5 die Kurbelwelle 2 des Verbrennungsmotors 1 von der elektrischen Maschine 4 auf eine vorgegebene Startdrehzahl angetrieben. Im darauffolgenden Schritt S6 springt dann der Verbrennungsmotor 1 (nach Verstreichen der typischen Startdauer) an. Bei einem Verbrennungsmotor mit Direkteinspritzung kann man zwischen den Schritten S5 und S6 auch erst die Startdauer verstreichen lassen, bis der Kraftstoff eingespritzt wird, d.h. der Verbrennungsmotor 4 wird für eine bestimmte Zeitdauer ohne Kraftstoffbeimischung bis zum Erreichen und ggf. noch weiter bei der Startdrehzahl angetrieben.

Bei der Verfahrensvariante gemäß Fig. 4 wird im Schritt S1 das Kommando zum Einstellen des gewünschten Startwinkels erst kurz vor Beginn des nächsten Startvorgangs gegeben. Dieses kann bei einem Kraftfahrzeug z.B. durch Öffnen der Zentralverriegelung ausgelöst werden. Bei dieser Variante wird außerdem der Kondensatorspeicher 10 als Energiespeicher für die gesamte oder einen Teil der für den Starterbetrieb benötigten Energie verwendet. Ausgelöst durch das Einstellkommando im Schritt S1 wird deshalb vor allem bei längerem Motorstillstand der Kondensatorspeicher 10 für den nächsten Startvorgang aus der Batterie 9 aufgeladen (Schritt S2). Der zum sicheren Starten erforderliche Aufladungspegel des Kondensatorspeichers 10 kann auch in Abhängigkeit der Motor- und/oder Außentemperatur gewählt werden. Die darauffolgenden Schritte S3 bis S7 entsprechen dann im wesentlichen den Schritten S2 bis S6 des Verfahrens gemäß Fig. 3. Das vorliegende Verfahren ist lediglich dahingehend modifiziert, daß im Schritt S6 die gesamte oder ein Teil der für den Betrieb der elektrischen Maschine 4 benötigten Energie aus dem Kondensatorspeicher 10 stammt.



VERFAHREN UND STARTERSYSTEM  
ZUM STARTEN EINES VERBRENNUNGSMOTORS

Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors (1), wo-  
5 bei:
  - die Kurbelwelle (2) des Verbrennungsmotors (1) min-  
destens auf eine zum Anspringen des Verbrennungsmo-  
tors (1) notwendige Drehzahl (Startdrehzahl) be-  
schleunigt wird,
  - 10 - hierfür eine elektrische Maschine (4) verwendet  
wird, deren Rotor (5) direkt oder über eine dazwi-  
schengeschaltete Übersetzung auf die Kurbelwelle  
(2) einwirkt,
  - die Kurbelwelle (2) mit Hilfe der elektrischen Ma-  
15 schine (4) für den Startvorgang in einen vorgegebe-  
nen Kurbelwinkel (Startwinkel) gebracht und der  
Verbrennungsmotor (1) aus diesem Startwinkel heraus  
gestartet wird, und
  - die zum Starten erforderliche Energie zumindest  
20 teilweise einem Kondensatorspeicher (10) entnommen  
wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
25 als Startwinkel derjenige Kurbelwinkel gewählt wird, bei  
welchem das Startmoment verringert ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß  
bei einem Viertaktverbrennungsmotor der Startwinkel am  
Ende des Verdichtungstaktes, vorzugsweise in einem Be-  
reich unmittelbar nach dem oberen Totpunkt, gewählt  
30 wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
als Startwinkel derjenige Kurbelwinkel gewählt wird, bei  
welchem die Startdauer verringert ist.



5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Viertaktverbrennungsmotor mit Saugrohreinspritzung der Startwinkel zu Beginn des Ansaugtaktes gewählt wird.
- 5 6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Viertaktverbrennungsmotor mit Direkteinspritzung der Startwinkel am Ende des Ansaugtaktes gewählt wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Mehrzylinderverbrennungsmotor der Startwinkel mit Rücksicht darauf gewählt wird, welcher der mehreren Zylinder zuerst gezündet wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Startwinkel bei oder unmittelbar nach Abschalten des Verbrennungsmotors selbsttätig eingestellt wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Startwinkel kurz vor Beginn des Startvorganges selbsttätig eingestellt wird, z.B. bei einem Kraftfahrzeug ausgelöst durch Öffnen der Zentralverriegelung.
- 25 10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ausgelöst durch ein Kommando zum Einstellen des Startwinkels der Kondensatorspeicher (10) für den nächsten Startvorgang aus einer Batterie (9) aufgeladen wird.
- 30 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der zum sicheren Starten erforderliche Aufladungspegel des Kondensatorspeichers (10) in Abhängigkeit der Motor- und/oder Außentemperatur gewählt wird.
- 35 12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kurbelwinkel des Verbrennungsmo-



tors (1) aus der Winkelstellung des Rotors (5) der elektrischen Maschine (4) abgeleitet wird.

13. Startersystem für einen Verbrennungsmotor (1), mit:

- einer elektrischen Maschine (4), deren Rotor (5) direkt oder über eine dazwischengeschaltete Übersetzung mit der Kurbelwelle (2) des Verbrennungsmotors (1) verbunden ist, um die Kurbelwelle (2) mindestens auf eine zum Anspringen des Verbrennungsmotors (1) notwendige Drehzahl (Startdrehzahl) zu beschleunigen,
- Mittel zum Erfassen und/oder Ableiten des Kurbelwinkels des Verbrennungsmotors (1),
- einer Steuerungseinrichtung (11), welche die elektrische Maschine (4) so steuert, daß die Kurbelwelle (2) für den Startvorgang in einen vorgegebenen Kurbelwinkel (Startwinkel) gebracht und die zum Starten erforderliche Energie zumindest teilweise einem Kondensatorspeicher (10) entnommen wird.

14. Startersystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungseinrichtung (11) die Rotorwinkel Erfassung der elektrischen Maschine (4) verwendet, um den Kurbelwinkel des Verbrennungsmotors (1) abzuleiten.

15. Startersystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß dem Rotor (5) der elektrischen Maschine (4) ein integrierter Drehwinkelsensor zugeordnet ist.

16. Startersystem nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrennungsmotor (1) ein Viertakt-Diesel- oder Ottomotor mit Saugrohreinspritzung oder mit Direkteinspritzung ist, der für die Verwendung in Personenkraftfahrzeugen ausgelegt ist.

17. Startersystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzung und Zündung des Kraftstoffes in den Brennraum des Verbrennungsmotors (1) erst nach Erreichen der Startdrehzahl erfolgt.



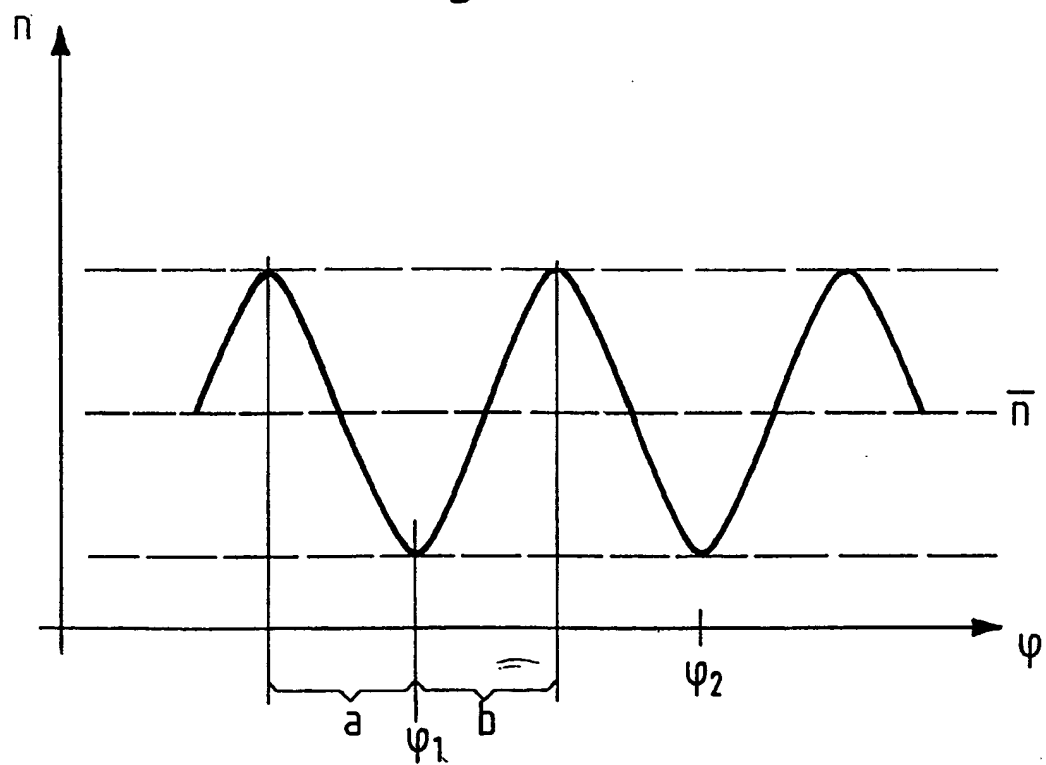
18. Startersystem nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine (4) als Starter/Generator ausgebildet ist.
- 5 19. Startersystem nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine (4) eine wechselrichtergesteuerte Drehstrommaschine ist.
- 10 20. Startersystem nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensatorspeicher (10) aus einer Kombination von elektrischen Kondensatorelementen und elektrochemischen Batterieelementen aufgebaut ist.







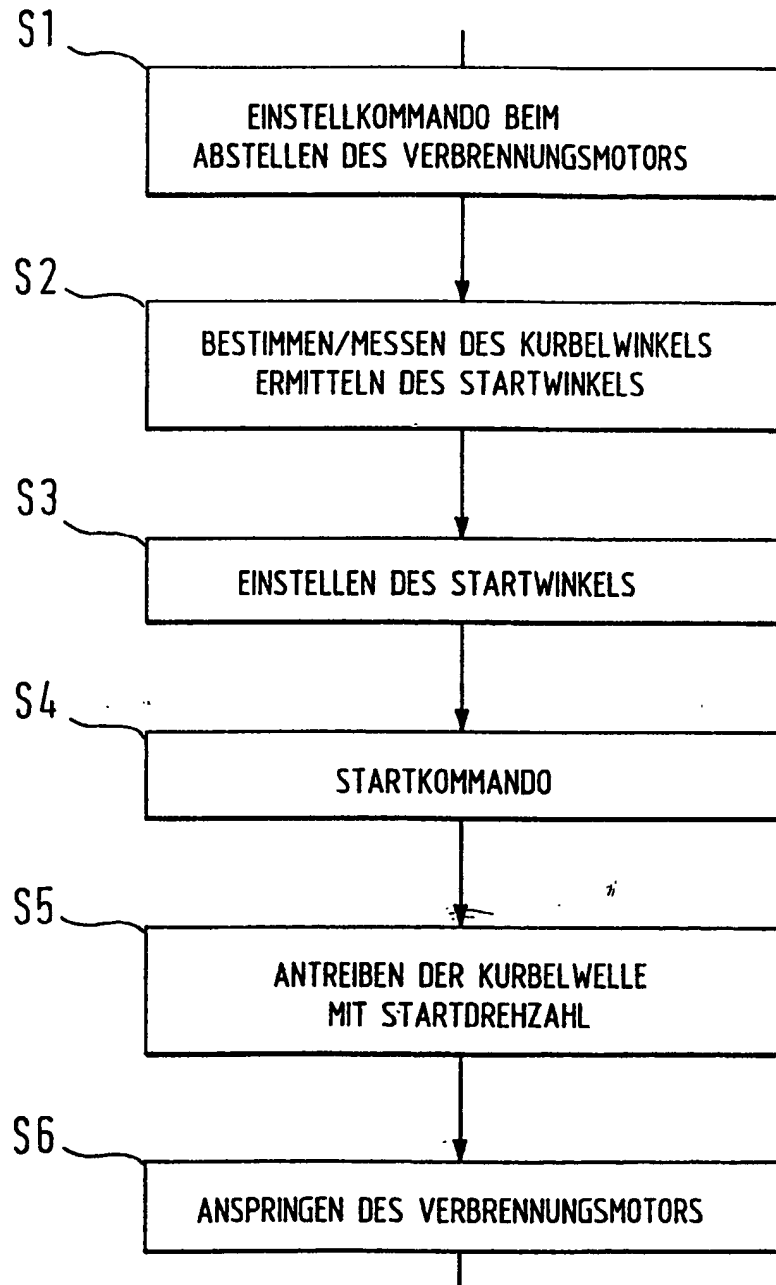
Fig. 2





3/4

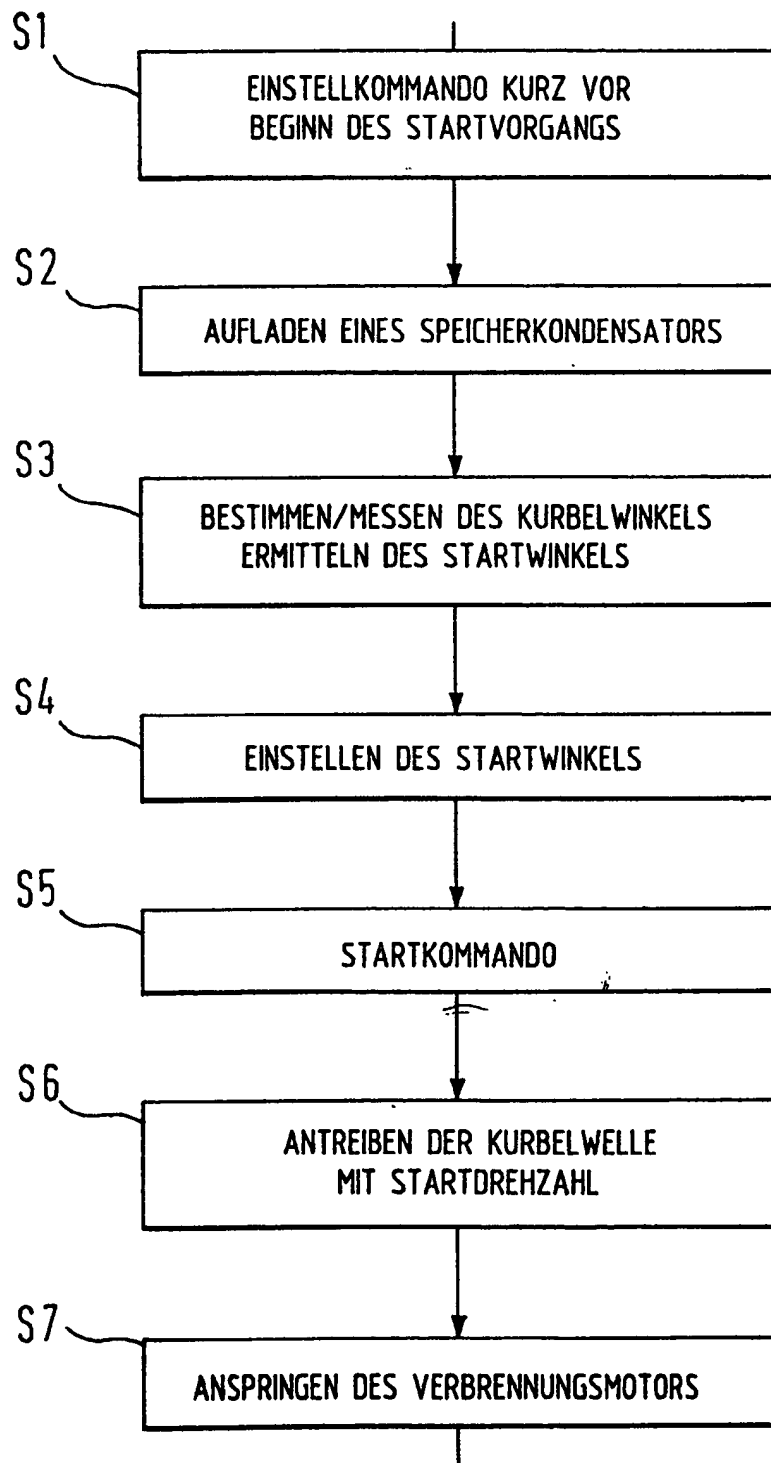
Fig. 3





4 / 4

Fig. 4





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In national Application No  
PCT/EP 99/02219

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 F02N17/08 F02N11/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 F02N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 31 17 144 A (BENDER EMIL FA) 18 November 1982 (1982-11-18) page 6, line 22 - page 7, line 9; figures 1A,,1B	1,13
A	FR 2 569 776 A (KORSEC BERNARD) 7 March 1986 (1986-03-07) claim 1	1,13
A	DE 42 00 606 A (KARCHER HELMUT L) 15 July 1993 (1993-07-15) claim 1	1,13
P,Y	DE 197 41 294 A (BOSCH GMBH ROBERT) 25 March 1999 (1999-03-25) claim 1	1,13
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 July 1999

Date of mailing of the international search report

15/07/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Bijn, E



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ternational Application No  
PCT/EP 99/02219

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,Y	DE 297 23 175 U (ISAD ELECTRONIC SYSTEMS GMBH &) 23 April 1998 (1998-04-23) claim 1 -----	1,13



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/02219

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3117144	A	18-11-1982	NONE	
FR 2569776	A	07-03-1986	NONE	
DE 4200606	A	15-07-1993	NONE	
DE 19741294	A	25-03-1999	W0 9915787 A	01-04-1999
DE 29723175	U	23-04-1998	DE 19709298 A	24-09-1998
			DE 19809399 A	04-02-1999
			W0 9839565 A	11-09-1998
			W0 9839566 A	11-09-1998



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/02219

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 F02N17/08 F02N11/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 F02N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 31 17 144 A (BENDER EMIL FA) 18. November 1982 (1982-11-18) Seite 6, Zeile 22 - Seite 7, Zeile 9; Abbildungen 1A,,1B ----	1,13
A	FR 2 569 776 A (KORSEC BERNARD) 7. März 1986 (1986-03-07) Anspruch 1 ----	1,13
A	DE 42 00 606 A (KARCHER HELMUT L) 15. Juli 1993 (1993-07-15) Anspruch 1 ----	1,13
P,Y	DE 197 41 294 A (BOSCH GMBH ROBERT) 25. März 1999 (1999-03-25) Anspruch 1 ----- -/-	1,13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Juli 1999

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

15/07/1999

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bijn, E



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/02219

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, Y	DE 297 23 175 U (ISAD ELECTRONIC SYSTEMS GMBH &) 23. April 1998 (1998-04-23) Anspruch 1 -----	1, 13



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/02219

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 3117144	A	18-11-1982	KEINE		
FR 2569776	A	07-03-1986	KEINE		
DE 4200606	A	15-07-1993	KEINE		
DE 19741294	A	25-03-1999	WO	9915787 A	01-04-1999
DE 29723175	U	23-04-1998	DE	19709298 A	24-09-1998
			DE	19809399 A	04-02-1999
			WO	9839565 A	11-09-1998
			WO	9839566 A	11-09-1998